

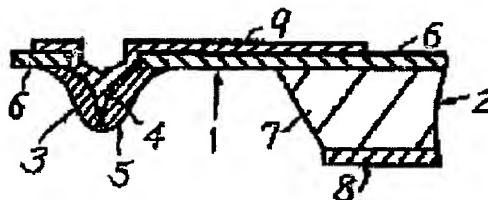
## CANTILEVER, ITS MANUFACTURE, AND SCANNING PROBE MICROSCOPE USING THE CANTILEVER

**Patent number:** JP8189931  
**Publication date:** 1996-07-23  
**Inventor:** SUZUKI YOSHIHIKO  
**Applicant:** NIKON CORP  
**Classification:**  
- **International:** G01N37/00; G01B7/34; G01R1/073; H01J37/28  
- **European:**  
**Application number:** JP19950018458 19950110  
**Priority number(s):**

### Abstract of JP8189931

**PURPOSE:** To reduce the deteriorating speed of measurement resolution so as to obtain stable measurement by constituting a probe of a conductive projection and a silicon oxide film which covers the front end and periphery of the projection and, at the same time, the thickness of which is made thicker on the front end side of the projection as compared with the other part.

**CONSTITUTION:** A cantilever is provided with a thin-film beam section 1, supporting body 2 supporting the section 1, and probe 3 protruded from the front end-side area of the section 1. The probe 3 is composed of a conductive projection 4 and silicon oxide film 5 which covers the tip of the projection 4 and the thickness of which is made thicker on the front end side of the projection 4 as compared with the other part. The beam section 1 is composed of a film 6 made of such an inorganic matter as the silicon nitride, silicon oxide, etc., having an insulating property. The supporting body 2 is composed of the film 6, silicon layer 7, and a film 8 of an inorganic matter, such as the silicon nitride, silicon oxide, etc. In addition, a wiring pattern 9 electrically connected to the probe 4 is formed on part of the beam section 1. Therefore, stable measurement can be performed for a long time.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-189931

(43) 公開日 平成8年(1996)7月23日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 37/00		C		
		A		
G 0 1 B 7/34		Z		
G 0 1 R 1/073		E		
H 0 1 J 37/28		Z		

審査請求 未請求 請求項の数13 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平7-18458

(22) 出願日 平成7年(1995)1月10日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 鈴木 美彦

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式  
会社ニコン大井製作所内

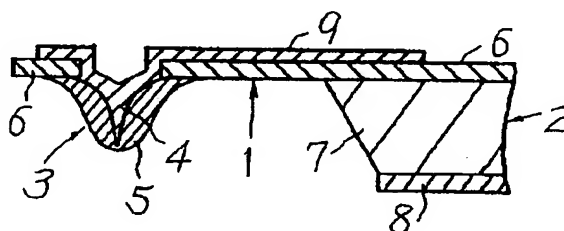
(74) 代理人 弁理士 四宮 通

(54) 【発明の名称】 カンチレバー及びその製造方法、並びに同カンチレバーを用いた走査型プローブ顕微鏡

(57) 【要約】

【目的】 探針の導電部分の摩耗を防止し、計測の分解能の低下の進度を低減させる。

【構成】 カンチレバーは、薄膜状梁部1と、薄膜状梁部1の先端側領域に突設された探針3とを備えている。探針3は、導電性を有する突起4と、突起4の先端及び周囲を覆うとともに突起4の先端側の厚みが他の部分の厚みに比べて薄い酸化珪素膜5とから構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 薄膜状梁部と該薄膜状梁部の先端側領域に突設された探針とを備えたカンチレバーにおいて、前記探針が、導電性を有する突起と、該突起の先端及び周囲を覆うとともに前記突起の先端側の厚みが他の部分の厚みに比べて薄い酸化珪素膜とからなることを特徴とするカンチレバー。

【請求項 2】 薄膜状梁部と該薄膜状梁部の先端側領域に突設された探針とを備えたカンチレバーにおいて、前記探針が、導電性を有する突起と、該突起の先端が露出するか又はわずかに突出するように前記突起の周囲を覆う酸化珪素膜とからなることを特徴とするカンチレバー。

【請求項 3】 前記薄膜状梁部が絶縁性を有する無機材料膜で構成されたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のカンチレバー。

【請求項 4】 前記無機材料膜が酸化珪素又は窒化珪素であることを特徴とする請求項 3 記載のカンチレバー。

【請求項 5】 前記薄膜状梁部の上に部分的に、前記突起に電気的に接続された配線パターンを形成したことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のカンチレバー。

【請求項 6】 前記配線パターンが異なる種類の複数の金属層からなることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のカンチレバー。

【請求項 7】 前記薄膜状梁部に向けて照射される前記薄膜状梁部の撓み検出用の光束を反射する反射層を前記薄膜状梁部に形成したことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のカンチレバー。

【請求項 8】 前記配線パターンの一部が、前記薄膜状梁部に向けて照射される前記薄膜状梁部の撓み検出用の光束を反射する反射層として、兼用されることを特徴とする請求項 5 又は 6 記載のカンチレバー。

【請求項 9】 シリコン基板の両面に絶縁性を有する無機材料膜を形成する工程と、前記シリコン基板の表面に形成された無機材料膜の所定箇所前記シリコン基板の表面を露出させる開口を形成する工程と、

前記開口から露出した前記シリコン基板の部分を鍾状にエッチングして、前記無機材料膜の前記開口に連続する鍾状のトレンチを前記シリコン基板に形成する工程と、前記シリコン基板の前記トレンチの部分に熱酸化により酸化珪素膜を成長させる工程と、

薄膜状梁部に相当する部分における、前記シリコン基板の裏面に形成された無機材料膜及び前記シリコン基板を除去する工程と、

前記シリコン基板の前記トレンチの部分に成長させられた酸化珪素膜のトレンチの部分に導電性材料を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする請求項 1 記載のカンチレバー

の製造方法。

【請求項 10】 シリコン基板の両面に絶縁性を有する無機材料膜を形成する工程と、

前記シリコン基板の表面に形成された無機材料膜の所定箇所に前記シリコン基板の表面を露出させる開口を形成する工程と、

前記開口から露出した前記シリコン基板の部分を鍾状にエッチングして、前記無機材料膜の前記開口に連続する鍾状のトレンチを前記シリコン基板に形成する工程と、

10 前記シリコン基板の前記トレンチの部分に熱酸化により酸化珪素膜を成長させる工程と、

薄膜状梁部に相当する部分における、前記シリコン基板の裏面に形成された無機材料膜及び前記シリコン基板を除去する工程と、

前記シリコン基板の前記トレンチの部分に成長させられた酸化珪素膜のトレンチの部分に導電性材料を形成する工程と、

前記シリコン基板の前記トレンチの部分に成長させられた酸化珪素膜をわずかにエッチングして、前記酸化珪素膜の頂点部から前記酸化珪素膜のトレンチの部分に形成された前記導電性材料の先端を露出させるか又はわずかに突出させる工程と、

を備えたことを特徴とする請求項 2 記載のカンチレバーの製造方法。

【請求項 11】 前記酸化珪素膜のトレンチの部分に導電性材料を形成する前記工程において、同時に、前記酸化珪素膜のトレンチの部分に形成される導電性材料に連続するように同一導電材料を前記薄膜状梁部の上に部分的に形成することによって、配線パターンを形成したことを特徴とする請求項 9 又は 10 記載の製造方法。

30 【請求項 12】 前記導電材料を形成する工程において、複数種類の金属層を順次形成することを特徴とする請求項 9 乃至 11 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 13】 請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載のカンチレバーと、

該カンチレバー及び被検物を相対的に移動させて、前記カンチレバーの探針を前記被検物に対して走査させる走査手段と、

40 前記カンチレバーの撓みを検出する検出手段、前記探針の突起と被検物との間に流れるトンネル電流を検出するトンネル電流検出手段、及び、前記探針の導電性を有する突起と前記被検物とにより形成される電気容量を検出する電気容量検出手段の、3つの手段のうちの1つ以上と、

を備えたことを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、原子間力顕微鏡 (AFM)、走査型電気容量顕微鏡 (SCAM: Scanning Capacitance Microscope) 及び走査型トンネル顕微鏡 (S

TM)等の走査型プローブ顕微鏡のうちの1つ又は2つ以上の機能を有するものに用いることができるカンチレバーに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、原子、分子オーダーの分解能で、物質表面の形状、あるいは物理化学的性質に起因したイメージを得ることが可能となった。

【0003】そのようなイメージを得る走査型プローブ顕微鏡の代表的なものとして、被検物の表面の凹凸像を得る走査型トンネル顕微鏡(STM)及び原子間力顕微鏡(AFM)や、被検物表面と導電性探針との間の電気容量の分布を得る走査型電気容量顕微鏡(SCAM)が提供されている。

【0004】原子間力顕微鏡は、探針と被検物(試料)の表面との間に発生した原子間力による表面凹凸像を得るものである。また、走査型トンネル顕微鏡は、探針と被検物との間に流れるトンネル電流による表面凹凸像を得るものである。さらに、走査型電気容量顕微鏡は、探針と被検物の表面との間の電気容量に起因した電気容量分布像を得るものである。

【0005】これらの顕微鏡に用いられるプローブとしてのカンチレバーは、一般的に、薄膜状梁部と、該薄膜状梁部の先端側領域に突設された探針とを備えている。

【0006】そして、走査型電気容量顕微鏡や走査型トンネル顕微鏡等に用いられるカンチレバーでは、その動作原理上、前記探針が導電性を有している必要がある。

【0007】このため、従来の走査型電気容量顕微鏡や走査型トンネル顕微鏡等では、原子間力顕微鏡に一般的に用いられているカンチレバーの下面に金属材料を全面成膜して導電性を付与したプローブが用いられている。すなわち、従来の走査型電気容量顕微鏡や走査型トンネル顕微鏡等に用いられるプローブとしてのカンチレバーでは、薄膜状梁部の先端側領域に絶縁性を有する凸部を形成し、該凸部上を含む薄膜状梁部の下面の全面に金属材料を成膜して導電性を付与している。

【0008】ところで、従来の原子間力顕微鏡や走査型トンネル顕微鏡では、被検物の表面の凹凸像を得ることができるものの、同時に被検物の電気容量の分布を得ることはできない。逆に、従来の走査型電気容量顕微鏡では、被検物の電気容量分布を得ることができるものの、同時に被検物の表面の凹凸像は得ることができない。

【0009】このため、被検物の同一位置における、原子間力顕微鏡や走査型トンネル顕微鏡で得た凹凸像と走査型電気容量顕微鏡で得た電気容量の分布とを照合して、評価解析しようとしても、凹凸像と電気容量の分布とが同一位置のものである保証を得ることが困難であり、実際には両者を照合して評価解析することは困難であった。

【0010】しかし、両者を照合して評価解析することができない場合には、例えば、走査型電気容量顕微鏡で

信号として得た電気容量分布が真に被検物の電気容量に起因するものであるのかそれとも被検物の表面の凹凸に起因するものであるのかを判別することができない。両者を照合して評価解析を行うことができれば、そのような判別が可能となり、被検物を観察する上で一層望ましい。

【0011】そこで、従来、原子間力顕微鏡に一般的に用いられているカンチレバーの下面に金属材料を全面成膜して導電性を付与した前述のプローブを用い、探針と被検物の表面との間に発生した原子間力による表面凹凸像あるいは探針と被検物との間に流れるトンネル電流による表面凹凸像と、被検物表面と探針との間のAC的な電気容量に起因した電気容量分布像とを、同時に計測する場合もあった。

【0012】ここで、このような従来のカンチレバー(原子間力顕微鏡に一般的に用いられているカンチレバーの下面に金属材料を全面成膜して導電性を付与した前述のプローブ)について、図6を参照して具体的に説明する。図6は、この従来のカンチレバーの製造工程を示す概略断面図である。

【0013】まず、基板材料として(100)面方位のシリコン基板20を用い、該シリコン基板20の両面に酸化珪素膜又は窒化珪素膜等の絶縁性を有する無機材料膜21、22を成膜する。その後、フォトリソグラフィ法及びドライエッチング法によりパターンニングすることによって、シリコン基板20の上面の無機材料膜21の所定箇所にシリコン基板20の表面を露出させる開口21aを形成する。次に、無機材料膜21、22をマスクとし、開口21aから露出したシリコン基板20の部分を異方性エッチング法等により鍾状にエッチングして、無機材料膜21の開口21aに連続する鍾状のトレンチ20aを形成する(図6(a))。

【0014】その後、図6(a)に示す状態となった基板の両面にさらに無機材料膜23、24をCVD法により成膜する(図6(b))。

【0015】次に、シリコン基板20の両面の無機材料膜21~24に対して、梁部の所望の形状及び該梁部を支持する支持体の所望の形状に合わせて、フォトリソグラフィ法及びドライエッチング法によりパターンニングを施す(図6(c))。

【0016】その後、このパターンニングにより露出したシリコン基板20の部分をウェットエッチングにより溶出し、カンチレバー体を形成する。後述する図6(d)に示すように、該カンチレバー体は、薄膜状梁部30と、該薄膜状梁部30を支持する支持体31と、薄膜状梁部30の先端側領域の突設された凸部32とから構成されている。薄膜状梁部30は、無機材料膜21、23から構成されている。支持体31は、ウェットエッチングにより溶出されなかったシリコン基板20の部分と、この部分の両面の無機材料膜21~24とから構成され

ている。凸部 32 は、シリコン基板 20 のトレンチ 21 a の部分に堆積された無機材料膜 23 により構成されている。

【0017】最後に、凸部 32 を含む前記カンチレバー体の下面の全面に金属層 27 を真空蒸着法などにより形成し、これにより図 6 (d) に示す従来のカンチレバーが完成する。なお、前記凸部 32 と金属層 27 の凸部 32 上に形成された部分とにより、探針 33 が構成されている。

【0018】この従来のカンチレバーによれば、原子間力による表面凹凸像、トンネル電流による表面凹凸像及び電気容量分布像等のうちの 1 つ以上を、同時に計測することができる。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】ところで、電気容量分布像を得る場合には前記探針 33 の先端が被検物に接触させられ、また、原子間力による表面凹凸像やトンネル電流による表面凹凸像を得る場合であっても前記探針 33 の先端が走査時に被検物に接触してしまうことがある。

【0020】このため、前記従来のカンチレバーでは、突起 32 上に金属層 27 が形成されるという探針 33 の構造を有しているため、探針 33 の先端の金属層 27 が被検物との接触により摩耗し易い。その結果、トンネル電流や電気容量等の計測の分解能が摩耗の進捗に従って低下していき、得られる信号が安定しないとともに、カンチレバーの寿命も短いという問題点を有していたのである。

【0021】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、計測の分解能の低下の進捗を低減させることができ、安定した計測を行うことができるとともに、長寿命化を図ることができるカンチレバーを提供することを目的とする。

【0022】また、本発明は、そのカンチレバーの製造に適した製造方法を提供することを目的とする。

【0023】さらにまた、本発明は、そのカンチレバーを用いた走査型プローブ顕微鏡を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明の第 1 の態様によるカンチレバーは、薄膜状梁部と該薄膜状梁部の先端側領域に突設された探針とを備えたカンチレバーにおいて、前記探針が、導電性を有する突起と、該突起の先端及び周囲を覆うとともに前記突起の先端側の厚みが他の部分の厚みに比べて薄い酸化珪素膜とからなるものである。

【0025】本発明の第 2 の態様によるカンチレバーは、薄膜状梁部と該薄膜状梁部の先端側領域に突設された探針とを備えたカンチレバーにおいて、前記探針が、導電性を有する突起と、該突起の先端が露出するか又は

わずかに突出するように前記突起の周囲を覆う酸化珪素膜とからなるものである。

【0026】本発明の第 3 の態様によるカンチレバーは、前記第 1 又は第 2 の態様によるカンチレバーにおいて、前記薄膜状梁部が絶縁性を有する無機材料膜で構成されたものである。

【0027】本発明の第 4 の態様によるカンチレバーは、前記第 3 の態様によるカンチレバーにおいて、前記無機材料膜を酸化珪素又は窒化珪素としたものである。

【0028】本発明の第 5 の態様によるカンチレバーは、前記第 1 乃至第 4 のいずれかの態様によるカンチレバーにおいて、前記薄膜状梁部の上に部分的に、前記突起に電氣的に接続された配線パターンを形成したものである。

【0029】本発明の第 6 の態様によるカンチレバーは、前記第 1 乃至第 5 のいずれかの態様によるカンチレバーにおいて、前記配線パターンが異なる種類の複数の金属層からなるものである。

【0030】本発明の第 7 の態様によるカンチレバーは、前記第 1 乃至第 6 のいずれかの態様によるカンチレバーにおいて、前記薄膜状梁部に向けて照射される前記薄膜状梁部の撓み検出用の光束を反射する反射層を前記薄膜状梁部に形成したものである。

【0031】本発明の第 8 の態様によるカンチレバーは、前記第 5 又は第 6 の態様によるカンチレバーにおいて、前記配線パターンの一部が、前記薄膜状梁部に向けて照射される前記薄膜状梁部の撓み検出用の光束を反射する反射層として、兼用されるものである。

【0032】本発明の第 9 の態様によるカンチレバーの製造方法は、前記第 1 の態様によるカンチレバーを製造する方法であって、シリコン基板の両面に絶縁性を有する無機材料膜を形成する工程と、前記シリコン基板の表面に形成された無機材料膜の所定箇所に前記シリコン基板の表面を露出させる開口を形成する工程と、前記開口から露出した前記シリコン基板の部分を鍾状にエッチングして、前記無機材料膜の前記開口に連続する鍾状のトレンチを前記シリコン基板に形成する工程と、前記シリコン基板の前記トレンチの部分に熱酸化により酸化珪素膜を成長させる工程と、薄膜状梁部に相当する部分における、前記シリコン基板の裏面に形成された無機材料膜及び前記シリコン基板を除去する工程と、前記シリコン基板の前記トレンチの部分に成長させられた酸化珪素膜のトレンチの部分に導電性材料を形成する工程と、を備えたものである。

【0033】本発明の第 10 の態様によるカンチレバーの製造方法は、前記第 2 の態様によるカンチレバーを製造する方法であって、前記第 9 の態様による製造方法の各工程に加えて、前記シリコン基板の前記トレンチの部分に成長させられた酸化珪素膜をわずかにエッチングして、前記酸化珪素膜の頂点部から前記酸化珪素膜のトレ

ンチの部分に形成された前記導電性材料の先端を露出させるか又はわずかに突出させる工程を、備えたものである。

【0034】本発明の第11の態様による製造方法は、前記第9又は第10の態様による製造方法において、前記酸化珪素膜のトレンチの部分に導電性材料を形成する前記工程において、同時に、前記酸化珪素膜のトレンチの部分に形成される導電性材料に連続するように同一導電材料を前記薄膜状梁部の上に部分的に形成することによって、配線パターンを形成したものである。

【0035】本発明の第12の態様による製造方法は、前記第9乃至第11のいずれかの態様による製造方法において、前記導電材料を形成する工程において、複数種類の金属層を順次形成するものである。

【0036】本発明の第13の態様による走査型プローブ顕微鏡は、前記第1乃至第8のいずれかの態様によるカンチレバーと、該カンチレバー及び被検物を相対的に移動させて、前記カンチレバーの探針を前記被検物に対して走査させる走査手段と、前記カンチレバーの撓みを検出する検出手段、前記探針の突起と被検物との間に流れるトンネル電流を検出するトンネル電流検出手段、及び、前記探針の導線性を有する突起と前記被検物とにより形成される電気容量を検出する電気容量検出手段の、3つの手段のうちの1つ以上と、を備えたものである。

【0037】

【作用】本発明の第1の態様によるカンチレバーでは、前記探針が、導電性を有する突起と、該突起の先端及び周囲を覆う酸化珪素膜とから構成されている。したがって、酸化珪素膜は耐摩耗性が高いことから、前記導電性を有する突起がその先端及び周囲を覆う酸化珪素膜により摩耗から保護される。その結果、トンネル電流や電気容量等の計測の分解能の低下の進度が従来に比べて著しく遅くなり、長時間安定した計測が可能となるとともに、当該カンチレバーの寿命が長くなる。なお、前記酸化珪素膜は、前記突起の先端側の厚みが他の部分の厚みに比べて薄いので、トンネル電流や電気容量信号等をほとんど低下させることがない。

【0038】本発明の第2の態様によるカンチレバーでは、探針が、導電性を有する突起と、該突起の先端が露出するか又はわずかに突出するように前記突起の周囲を覆う酸化珪素膜とから構成されている。したがって、酸化珪素膜は耐摩耗性が高いことから、前記導電性を有する突起がその周囲を覆う酸化珪素膜により摩耗から保護される。その結果、前記突起の先端が酸化珪素膜から露出するのみで酸化珪素膜から突出していない場合には、当初から、トンネル電流や電気容量等の計測の分解能の低下の進度が従来に比べて著しく遅くなり、長時間安定した計測が可能となるとともに、当該カンチレバーの寿命が長くなる。また、前記突起の先端が酸化珪素膜からわずかに突出している場合には、当初は、従来と同様の

速度で突起の摩耗が進行するが、前記突起の酸化珪素膜から突出した部分が摩耗により消失した後は、トンネル電流や電気容量等の計測の分解能の低下の進度が従来に比べて著しく遅くなり、長時間安定した計測が可能となるとともに、当該カンチレバーの寿命が長くなる。なお、前記第2の態様によるカンチレバーは、前記第1の態様によるカンチレバーに比べて耐摩耗性は若干劣るが、突起の先端が露出しているので、トンネル電流や電気容量信号等を全く低下させないという利点がある。

10 【0039】さらに、本発明の第3及び第4の態様のよう、薄膜状梁部を、半導体製造技術において一般的に採用されている、酸化珪素又は窒化珪素などの絶縁性を有する無機材料で構成すれば、当該カンチレバーの製造に際して半導体製造技術を採用し易くなる。

【0040】本発明の第5の態様によるカンチレバーでは、配線パターンは、薄膜状梁部の上に部分的に形成されているだけであり、全面に形成されていない。したがって、図6(d)に示す従来のカンチレバーのように下面の全面に金属層が形成されている場合に比べて、カンチレバーと被検物との間の浮遊容量が大幅に低減され、被検物の電気容量分布を計測する場合にその計測信号のSN比が向上する。

【0041】本発明の第6の態様によるカンチレバーによれば、配線パターンが異なる種類の複数の金属層からなるので、その種類の選定を適切に行うことにより、薄膜状梁部に対する配線パターンの密着性と配線のための性能との両立を図ることができる。

【0042】本発明の第7の態様によるカンチレバーによれば、反射層が薄膜状梁部に形成されているので、光てこ法などにより薄膜状梁部の撓みを検出することができる。

【0043】本発明の第8の態様によるカンチレバーによれば、配線パターンが反射層として兼用されているので、別個に反射層を形成しなくてすむ。

【0044】ところで、シリコンの熱酸化による酸化珪素膜の成長速度は、平坦な部分では速いとともに角の部分では遅いという性質を有しているため、シリコン基板に形成した鍾状のトレンチの部分に熱酸化により成長させられた酸化珪素膜の厚みは、頂点部分で薄く他の部分で厚くなる。

40 【0045】本発明の第9及び第10による製造方法によれば、このようなシリコンの熱酸化による酸化珪素膜の性質が巧みに利用され、少ない工程で本発明の第1及び第2の態様によるカンチレバーを簡単に製造することができる。

【0046】本発明の第11の態様によれば、酸化珪素膜のトレンチの部分に導電性材料を形成する際に同時に配線パターンが形成されるので、配線パターンの形成に手を要しない。

50 【0047】本発明の第12の態様については、前述し

た本発明の第6及び第8の態様と同様である。

【0048】本発明の第13の態様による走査型プローブ顕微鏡によれば、本発明の第1乃至第8のいずれかの態様によるカンチレバーが用いられているので、原子間力による表面凹凸像、トンネル電流による表面凹凸像及び電気容量分布像等のうちの1つ以上を同時に計測するに際して、カンチレバーを頻繁に取り替えることなく、長時間安定した計測を行うことができる。

【0049】

【実施例】以下、本発明の一実施例によるカンチレバーについて、図1及び図2を参照して説明する。

【0050】図1は、本発明の一実施例によるカンチレバーの概略断面図である。図2は、図1に示すカンチレバーの平面図である。なお、図1は、図2中のI-I線断面図に相当している。

【0051】このカンチレバーは、図1及び図2に示すように、薄膜状梁部1と、薄膜状梁部1を支持する支持体2と、薄膜状梁部1の先端側領域に突設された探針3とを備えている。探針3は、導電性を有する突起4と、突起4の先端及び周囲を覆うとともに突起4の先端側の厚みが他の部分の厚みに比べて薄い酸化珪素膜5とから構成されている。

【0052】本実施例では、薄膜状梁部1は、窒化珪素膜又は酸化珪素膜などの絶縁性を有する無機材料膜6で構成されている。支持体2は、無機材料膜6と、シリコン層7と、窒化珪素膜又は酸化珪素膜などの無機材料膜8とから構成されている。もっとも、支持体2の構成はこの構成に限定されるものではない。

【0053】また、本実施例では、薄膜状梁部1の上に部分的に、前記探針4に電気的に接続された配線パターン9が形成されている。もっとも、本発明では、例えば、配線パターン9として、薄膜状梁部1の上面全体に導電膜を形成してもよい。ただし、無機材料膜6の上面全体に導電膜を形成すると、前述した従来のカンチレバーと同様に、当該カンチレバーと被検物との間の浮遊容量が大きくなって被検物の電気容量分布を計測する場合にその計測信号のSN比が劣化するので、本実施例のように配線パターン9を部分的に形成することが望ましい。

【0054】また、図2に示すように、配線パターン9は、支持体2の上にも延びて、支持体2上に形成された外部との電気的接続のための電極パターン10に接続されている。なお、本実施例では、突起4、配線パターン9及び電極パターン10は、同一導電材料により連続して形成されている。もっとも、これらは、異なる導電材料で形成してもよい。

【0055】そして、本実施例では、突起4、配線パターン9及び電極パターン10は、異なる種類の複数の金属層から構成されている。例えば、これらは、ニクロム又はクロムの層とその上に形成された金やアルミニウム

等の配線材料として適した金属の層とから構成することができる。この場合、ニクロム又はクロムの層を介することによって、酸化珪素膜や窒化珪素膜等の無機材料膜6等に対する金やアルミニウム等の密着性が高まるので、好ましい。もっとも、本発明では、必ずしもこのような複層構造を採用する必要はなく、単一の金属層を採用することができる。また、突起4、配線パターン9及び電極パターン10は、金属以外の導電材料を用いて構成してもよい。

【0056】また、本実施例では、配線パターン9は、図2に示すように、探針3の右側部分に拡張部9aを有しており、この拡張部9aが、薄膜状梁部1に向けて照射される薄膜状梁部1の撓み検出用の光束を反射する反射層として兼用されている。もっとも、本発明では、配線パターン9とは別個に反射層を薄膜状梁部1に形成してもよい。なお、光てこ法によらずに薄膜状梁部1の撓みを検出する場合や薄膜状梁部1の撓みを検出する必要がない場合（例えば、トンネル電流による表面凹凸像のみを得る場合）には、前記反射層を形成する必要はない。

【0057】図1及び図2に示すカンチレバーによれば、前記図6に示す従来のカンチレバーと同様に、原子間力による表面凹凸像、トンネル電流による表面凹凸像及び電気容量分布像等のうちの1つ以上を、同時に計測することができる。

【0058】そして、図1及び図2に示すカンチレバーによれば、探針3が、導電性を有する突起4と、突起4の先端及び周囲を覆う酸化珪素膜5とから構成されているので、酸化珪素膜5は耐摩耗性が高いことから、突起4がその先端及び周囲を覆う酸化珪素膜5により摩耗から保護される。その結果、トンネル電流や電気容量等の計測の分解能の低下の進度が図6に示す従来のカンチレバーに比べて著しく遅くなり、長時間安定した計測が可能となるとともに、当該カンチレバーの寿命が長くなる。なお、酸化珪素膜5は、突起4の先端側の厚みが他の部分の厚みに比べて薄いので、トンネル電流や電気容量信号等をほとんど低下させることがない。

【0059】次に、本発明の他の実施例によるカンチレバーについて、図3を参照して説明する。図3は、本発明のこのカンチレバーの概略断面図である。図3において、図1に示す構成要素と同一又は対応する構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0060】図3に示すカンチレバーが前記図1及び図2に示す実施例と異なる所は、図1及び図2に示すカンチレバーでは、酸化珪素膜5により突起4の周囲のみならず先端も覆われていたのに対し、図3に示すカンチレバーでは、酸化珪素膜5により突起4の周囲のみが覆われて突起4の先端が酸化珪素膜5からわずかに突出している点のみである。

【0061】図3に示すカンチレバーによれば、突起4



がその周囲を覆う酸化珪素膜5により摩耗から保護される。その結果、当初は、従来と同様の速度で突起4の摩耗が進行するが、突起4の酸化珪素膜5から突出した部分が摩耗により消失した後は、トンネル電流や電気容量等の計測の分解能の低下の進度が従来に比べて著しく遅くなり、長時間安定した計測が可能となるとともに、当該カンチレバーの寿命が長くなる。なお、図3に示すカンチレバーは、図1及び図2によるカンチレバーに比べて耐摩耗性は若干劣るが、突起4の先端が露出しているため、トンネル電流や電気容量信号等を全く低下させないという利点がある。

【0062】なお、図3に示すカンチレバーでは、突起4の先端が酸化珪素膜5から突出しているが、突起4の先端が酸化珪素膜5から突出しないように、突起4の先端を露出させてもよい。

【0063】この場合には、当初から、トンネル電流や電気容量等の計測の分解能の低下の進度が従来に比べて著しく遅くなり、長時間安定した計測が可能となるとともに、当該カンチレバーの寿命が長くなる。また、この場合にも、図3に示すカンチレバーと同様に、トンネル電流や電気容量信号等を全く低下させないという利点がある。

【0064】次に、図1及び図2に示すカンチレバーの製造方法の一例について、図4を参照して説明する。図4は、図1及び図2に示すカンチレバーの製造工程の一例を示す概略断面図である。なお、図4において、図1中の各要素に対応する要素には、同一符号を付している。

【0065】まず、わずかな酸化膜（酸化珪素膜）で覆われた3インチ直径、厚さ250 $\mu$ m、(100)面方位のn型シリコン基板7の両面に、低圧気相成長法によりジクロロシランとアンモニアガスを原料として窒化珪素膜を700nm成膜する。前記酸化膜及び窒化珪素膜が図1中の無機材料膜6、8に相当する。さらに、基板7の上面の無機材料膜6をフォトリソグラフィ法及びドライエッチング法によりパターニングすることによって、基板7の上面の無機材料膜6の所定箇所に、基板7の表面を露出させる一辺が約5 $\mu$ m $\sim$ 10 $\mu$ mの四角形状の開口6aを形成する。開口6aのパターン形状、大きさ、数量は任意に設定することが可能である。その後、この基板を、水酸化カリウム(KOH)水溶液又はテトラメチルアンモニウムハイドロオキシド(TMAH)水溶液等のシリコン用のエッチング液に浸漬し、前記無機材料膜6、8をマスクとし、開口6aから露出した基板7の部分を四角錐状にエッチングして、無機材料膜6の開口6aに連続する四角錐状のトレンチ7aを形成する(図4(a))。なお、基板7として(100)面方位のものが用いられているので、周知のようにエッチングがシリコンの(111)面で自動的に停止するため、トレンチ7aの面は54.7°の角度のテーパ面と

なる。

【0066】その後、図4(a)に示す状態の基板を電気炉に設置して酸素と水蒸気雰囲気中で900°Cに加熱し、露出した基板7のトレンチ7aの部分に熱酸化(ウェット酸化、ドライ酸化など、いずれ形式の熱酸化でもよい)により酸化珪素膜5を成長させる(図4(b))。周知のように、酸化珪素膜の成長速度は、平坦な部分では速いとともに角の部分では遅いという性質を有しているため、トレンチ7aの部分に成長した酸化珪素膜5の断面形状は図4(b)に示すようになり、底部の厚みが他の部分に比べて極端に薄いことになる。本実施例における試料を観察した結果、この酸化珪素膜5の底部の厚みは5nm程度であった。

【0067】次に、基板7の両面の無機材料膜6、8に対して、梁部1の所望の形状及び支持体2の所望の形状に合わせて、フォトリソグラフィ法及びドライエッチング法によりパターニングを施す(図4(b))。

【0068】その後、図4(b)に示す状態の基板の上面に、金、白金、ニクロム、クロム、ロジウム、ニッケル、アルミニウム等の金属層をリフトオフ法などの公知の手法によりパターニングすることによって、酸化珪素膜5のトレンチ5aの部分に突起4を形成するとともに、該突起4に連続する配線パターン9及び該配線パターン9に連続する電極パターン10(図2参照)を形成する(図4(c))。このとき、窒化珪素膜又は酸化珪素膜等の無機材料膜6等に対して密着性を高めるために、初めに2nm前後のニクロム又はクロムを成膜した後、金、アルミニウム等の配線材料を成膜し、多層の金属層を形成することが好ましい。

【0069】なお、前記金属層は、無機材料膜6の上面の全面に形成してもよいが、前述したようにリフトオフ法などによりパターニングを施し、成膜された金属層の面積を極力小さくした方が計測しようとする探針先端領域以外の電気容量すなわち浮遊容量を低減できるので、好ましい。

【0070】その後、この基板を20 $\sim$ 25wt%の濃度で80°Cに加熱したテトラメチルアンモニウムハイドロオキシド水溶液(TMAH)(この水溶液は酸化珪素膜をほとんどエッチングしない)に浸漬し、前記パターニングにより露出した不要なシリコン部分のみを溶出する。これにより、図1及び図2に示すカンチレバーが完成する。

【0071】次に、図3に示すカンチレバーの製造方法の一例について、説明する。

【0072】まず、前述した方法により、図1及び図2に示すカンチレバーを製造する。

【0073】次に、図1及び図2に示すカンチレバーを、40wt%の濃度で85°Cに加熱された水酸化カリウム水溶液(この水溶液は、酸化珪素膜を低速でエッチングする)に浸漬し、酸化珪素膜5を等方的に極わず



かにエッチング除去し、エッチング除去後の酸化珪素膜 5 の頂点部（エッチング前に厚みの一番薄かった部分に対応）から突起 4 をわずかに突出させる。これにより、図 3 に示すカンチレバーが完成する。

【0074】以上説明した各製造方法では、シリコンの熱酸化による酸化珪素膜の成長速度は平坦な部分では速いとともに角の部分では遅いという性質が巧みに利用され、少ない工程で図 1 及び図 2 に示すカンチレバー及び図 3 に示すカンチレバーを簡単に製造することができる。

【0075】なお、図 1 及び図 2 に示すカンチレバーを前述したようにエッチングする際にそのエッチングの度合いを調整することにより、突起 4 が酸化珪素膜 5 から突出することなく露出させることも可能である。しかし、そのような調整は実際上困難であるので、図 3 に示すカンチレバーの突起 4 の露出した先端をガラス部材等に接触させて移動させ、いわば予備トレースを行って、突起 4 の酸化珪素膜 5 から突出した部分を予め除去しておいてもよい。

【0076】なお、前述した製造方法では、シリコン基板 7 として、(100) 面方位の n 型シリコン基板が用いられているが、p 型シリコン基板を用いてもよい。また、トレンチ 7 a をドライエッチング等により形成する場合には、シリコン基板 7 として、他の面方位のシリコン基板を用いてもよい。

【0077】また、前述した製造方法では、酸化膜で覆われたシリコン基板 7 の両面に窒化珪素膜を成膜しているが、酸化珪素膜で覆われていないシリコン基板の両面に窒化珪素膜を成膜してもよいし、シリコン基板 7 の両面に酸化珪素膜のみを成膜してもよい。

【0078】また、前述した製造方法では、ウェットエッチングによりトレンチ 7 a が形成されているが、ドライエッチング等によりトレンチ 7 a を形成してもよい。

【0079】さらに、前述した製造方法では、酸化珪素膜 5 をウェットエッチングによりエッチングしているが、プラズマエッチング、反応性イオンエッチング、光励起エッチングなど、種々の形式のエッチングにより酸化珪素膜 5 をエッチングしてもよい。

【0080】次に、以上説明した図 1 及び図 2 に示すカンチレバー及び図 3 に示すカンチレバーを用いた本発明の一実施例による走査型プローブ顕微鏡について、図 5 を参照して説明する。図 5 は、この走査型プローブ顕微鏡の概略構成図である。

【0081】この走査型プローブ顕微鏡は、図 1 及び図 2 に示すカンチレバー（又は図 3 に示すカンチレバー）41 と、該カンチレバー 41 を支持するカンチレバーホルダー 42 と、該カンチレバーホルダー 42 を X、Y、Z 方向（X 方向は図 5 の紙面に対して垂直な方向、Y 方向は図 5 中の左右方向、Z 方向は図 5 中の上下方向とする。）に移動させるカンチレバー移動装置 43 と、該移

動装置 43 を駆動する駆動回路 44 と、試料（被検物）50 を X、Y、Z 方向に粗動させる移動装置 45 と、該移動装置 45 を駆動する駆動回路 46 と、試料 50 を X、Y、Z 方向に微動させる移動装置 47 と、該移動装置 47 を駆動する駆動回路 48 と、試料 50 が載置される導電性を有する載置台 49 と、光てこ法等に従ってカンチレバー 41 の薄膜状梁部の撓みを検出する撓み検出部 51 と、カンチレバー 41 の探針の突起と試料 50 の表面との間に流れるトンネル電流を検出するトンネル電流検出部 52 と、試料 50 の電気容量（すなわち、カンチレバー 41 の探針の突起と試料 50 表面との間の AC 的な電気容量）を検出する電気容量検出部 53 と、駆動回路 44、53、46 を制御するとともに検出部 51、52、53 からの検出信号を取り込んで所定の演算を行うコンピュータ等からなる演算・制御部 54 と、測定者が演算・制御部に指令等を与えるための入力装置 55 と、計測結果を表示する表示装置 56 とを備えている。

【0082】なお、本実施例では、前記移動装置 43、45、49 が、カンチレバー 41 及び試料 50 を相対的に移動させて、カンチレバー 41 の探針を試料 50 に対して走査させる走査部を構成している。

【0083】この走査型プローブ顕微鏡の使用に際して、使用者は、まず、カンチレバー 41 をカンチレバーホルダー 42 に固定する。次に、カンチレバー 41 と測定すべき試料 50 との相対的な位置を、入力装置 55 から指令を与えることにより演算・制御部 54 及び駆動回路 44 を介してカンチレバー移動装置 43 を作動させることによって、設定する。さらに、演算・制御部 54 等を介して移動装置 45 を作動させ、カンチレバー 41 の探針の先端と試料 50 とが接触するまで試料 50 を Z 方向に移動させる。このとき、カンチレバー 41 の探針と試料 50 との接触は、カンチレバー 41 の薄膜状梁部の撓みを撓み検出部 51 により検出することにより達成することができる。試料 50 とカンチレバー 41 探針との接触が達成された後に、撓み検出部 51 で検出したカンチレバー 41 の薄膜状梁部の撓み又はトンネル電流検出部 52 により検出したトンネル電流を一定に保つように移動装置 47 により、Z 方向に上下させながら、試料 50 を X、Y 方向にそれぞれ例えば約 100  $\mu\text{m}$  走査する。また、このときの位置（すなわち、XY 座標）に対する、Z 方向の位置すなわち試料 50 の Z 方向の高さと、電気容量検出部 53 により検出した電気容量信号を演算・制御部 54 に記憶させ、例えば、これらのデータを適宜演算処理して計測結果を表示装置 56 に表示させる。

【0084】このようにして前述した本発明の実施例によるカンチレバー 41 を図 5 に示す顕微鏡に用いて実際に計測を行うことによって、試料 50 の表面凹凸像と電気容量分布像が同時に計測可能となることが確認されるときともに、従来のカンチレバーでは 1 時間の走査により

計測分解能が半減するのに対し、前述した本発明の実施例によるカンチレバーを用いることにより、10時間以上の安定した計測が可能になることが確認された。

【0085】なお、被検物の表面の凹凸像を原子間力により得る場合には図5中のトンネル電流検出部52を削除してもよいし、被検物の表面の凹凸像をトンネル電流により得る場合には図5中の撓み検出部51を削除してもよい。

【0086】また、図5に示す実施例のように表面凹凸像と電気容量分布像を同時に計測せずに、原子間力による表面凹凸像、トンネル電流による表面凹凸像及び電気容量分布像のうちの1つのみを計測する場合には、図5中の検出部51、52、53のうちの対応する検出部のみを残し、他の2つの検出部を削除してもよい。

【0087】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、計測の分解能の低下の進度を低減させることができ、長時間安定した計測を行うことができるとともに、長寿命化を図ることができるカンチレバー及びその製造方法並びに同カンチレバーを用いた走査型プローブ顕微鏡を提

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例によるカンチレバーの概略断

\* 面図である。

【図2】図1に示すカンチレバーの平面図である。

【図3】本発明の他の実施例によるカンチレバーの概略断面図である。

【図4】図1及び図2に示すカンチレバーの製造工程の一例を示す概略断面図である。

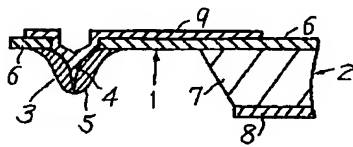
【図5】本発明の一実施例による走査型プローブ顕微鏡の概略構成図である。

【図6】従来のカンチレバーの製造工程を示す概略断面図である。

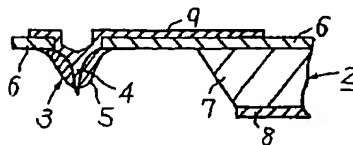
【符号の説明】

- 1 薄膜状梁部
- 2 支持体
- 3 探針
- 4 突起
- 5 酸化珪素膜
- 9 配線パターン
- 41 カンチレバー
- 43, 45, 47 移動装置
- 50 試料(被検物)
- 51 撓み検出部
- 52 トンネル電流検出部
- 53 電気容量検出部

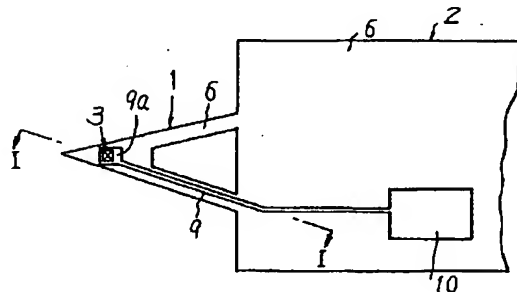
【図1】



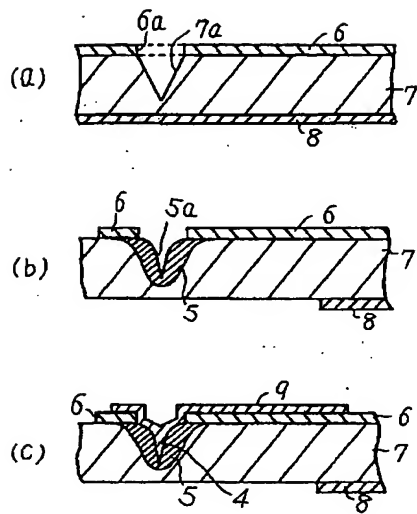
【図3】



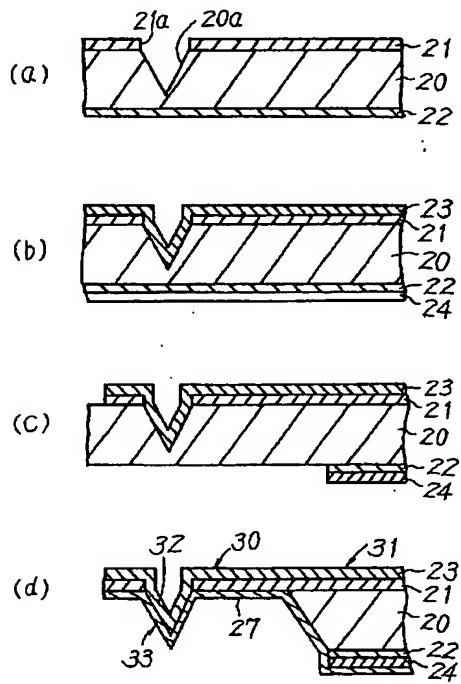
【図2】



【図4】



【図6】



【図5】

